

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Zefektivnění výroby typové součásti v podmínkách firmy Ing. Jiří Pavela

Efficient Production Type Components in Terms of the Company Ing. Jiří Pavela

Student:

Bc. Ondřej Pechál

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Pechál**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Specializace: 20 Strojírenská technologie

Téma: Zefektivnění výroby typové součásti v podmínkách firmy Ing. Jiří Pavla
Efficient Production Type Components in Terms of the Company Ing. Jiří Pavla

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor daného problému.
3. Návrh řešení dané problematiky.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

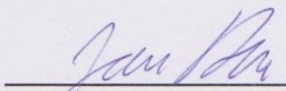
- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.

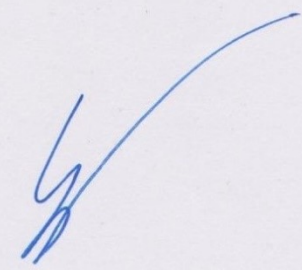
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

15.5.2017

Pedrot O.

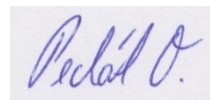
.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

15.5.2017



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Ondřej Pechál

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Pod Hájem 531

766 01 Valašské Klobouky

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PECHÁL, O. *Zefektivnění výroby typové součásti v podmínkách firmy Ing. Jiří Pavela: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2017, 58 s. Vedoucí práce: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá zefektivněním výroby součásti s pracovním názvem trámec v podmínkách firmy Ing. Jiří Pavela. Na úvod diplomové práce je detailně popsán stávající způsob výroby včetně popisu soustavy stroj-nástroj-obrobek-přípravek. Při stávajícím způsobu výroby součást nesplňovala požadavky zákazníka z hlediska rozměrové přesnosti a pro eliminaci nedostatků stávajícího stavu jsou navrženy dvě varianty výrobního postupu. V závěru práce je porovnání navrhovaných variant se stávajícím způsobem výroby.

Klíčová slova: zefektivnění, výrobní postup, frézování

ANNOTATION OF MASTER THESIS

PECHÁL, O. *Efficient Production Type Components in Terms of the Company Ing. Jiří Pavela: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2017, 58 p. Thesis head: Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

The master thesis deals with the more effective approach to the production making of the components. As the case study, the company of Jiří Pavela was chosen. Firstly, the existing way of production including the description of the component machine-tool-workpiece-agent. The present approach to the production of components did not meet the customer's demands because of the dimension's accuracy. To eliminate the lack of the existing way, two options of the manufacturing process are suggested. In conclusion, the thesis compares the suggested variants with the existing approach to the production.

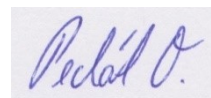
Key words: efficient production, manufacturing process, milling

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří mému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Jiřímu Kratochvílovi, Ph.D., za odbornou a pedagogickou pomoc a za cenné rady při společných odborných konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Pavelovi, za možnost provádět diplomovou práci v podmínkách jeho firmy.

V Ostravě:.....

15.5.2017



Podpis

OBSAH

Seznam použitých zkratk a symbolů	- 9 -
ÚVOD.....	- 10 -
1. Stručné představení společnosti	- 11 -
1.1 Historie a současnost společnosti	- 11 -
1.2 Volba součástí	- 12 -
2. Stávající způsob výroby	- 13 -
2.1 Stroje stávajícího stavu	- 14 -
2.1.1 Pila Pilous ARG 250	- 14 -
2.1.2 CNC frézka Akira Performa V4 XP	- 15 -
2.2 Nástroje stávajícího stavu	- 16 -
2.3 Obráběná součást	- 18 -
2.3.1 Materiál	- 18 -
2.3.2 Polotovar	- 18 -
2.3.3 Označení jednotlivých ploch do technologického postupu	- 19 -
2.4 Přípravky stávajícího stavu	- 20 -
2.4.1 Přípravek upevněný na 4. osu	- 20 -
2.4.2 Přípravek k upnutí součásti na 4. osu	- 21 -
2.4.3. Přípravek k podepření podpěrným hrotem	- 22 -
2.5 Technologický postup stávajícího stavu.....	- 22 -
2.6 Kalkulace nákladů stávajícího stavu	- 25 -
3. Navrhovaný výrobní postup I	- 28 -
3.1 Stroje použité v navrhované variantě I	- 29 -
3.1.1. CNC frézka TOS FCR 50	- 29 -
3.1.2 Frézka horizontální TOS FB 32 H	- 32 -
3.1.3 CNC frézka Akira Performa V4 XP	- 33 -
3.1.4 Vrtáčka Proma typu B-1850FP/400	- 35 -
3.2 Materiál	- 35 -

3.2.1 Volba polotovaru.....	- 36 -
3.3 Technologický postup navrhované varianty I	- 36 -
3.4 Kalkulace nákladů navrhované varianty I.....	- 39 -
4. Navrhovaný výrobní postup II	- 44 -
4.1 Technologický postup navrhované varianty II	- 45 -
4.2 Kalkulace nákladů navrhované varianty II.....	- 48 -
5. Porovnání navrhovaných variant	- 52 -
6. Závěr.....	- 56 -
7. Seznam použité literatury	- 57 -
8 Seznam příloh.....	- 58 -

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Symbol	Jednotka	Popis
a_p	mm	hloubka řezu
c_m	Kč	cena 1 kg materiálu
c_p	Kč/ks	cena polotovaru
f	mm	posuv
f_z	mm	posuv na zub
HS_f	Kč/hod	hodinová sazba frézy
HS_p	Kč/hod	hodinová sazba pilky
HS_v	Kč/hod	hodinová sazba vrtačky
K		označení kapes obrobku
k_m	%	využití materiálu
m_o	kg	čistá váha obrobku
m_p	kg	váha polotovaru
N		označení nástrojů
N_c	Kč	celkové náklady
N_d	Kč	náklady na dělení
N_f	Kč/ks	náklady na frézování
N_v	Kč	náklady na vrtání
P		označení ploch obrobku
S		označení strojů
t_f	min	čas frézování
TP		technologický postup
t_p	min	čas řezání na pilce
t_v	min	čas vrtání
VBD		vyměnitelná břitová destička
v_c	m/min	řezná rychlost

ÚVOD

Pro účel mé diplomové práce jsem zvolil téma „Zefektivnění výrobního postupu součásti trámce v podmínkách firmy Ing. Jiří Pavela“. Tuto práci jsem osobně realizovat ve firmě Ing. Jiří Pavela na adrese Lačnov 277. Pro vypracování diplomové práce mi byl k dispozici majitel firmy Ing. Jiří Pavela.

V úvodu diplomové práce je nejdříve popsán podrobně stávající způsob výroby součásti včetně výhod a nevýhod, které při zefektivňování výrobního postupu je cílem eliminovat. Následně je podrobně popsána soustava stroj-nástroj-obrobek-přípravek.

K eliminaci problémů stávajícího stavu jsou navrženy dvě varianty technologického postupu včetně návrhu speciálních přípravků. Na závěr diplomové práce je porovnání navrhovaných variant k posouzení, která z navrhovaných variant by byla pro výrobu efektivnější.

1. STRUČNÉ PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Firma Ing. Jiří Pavla se zabývá převážně výrobou strojů, zařízení a přípravků širokého uplatnění v různých průmyslových oborech a oblastech kompletních dodávek investičních celků.

Od roku 2005 se firma zabývá také výzkumem a vývojem zplyňovacích generátorů na syntézní plyn s použitím různých druhů vstupních surovin, především organických odpadů. V současné době již vyrábí průmyslové verze generátorů syntézního plynu s energetickou koncovkou.

V současnosti má firma strojní vybavení pro:

1) Strojní zámečníky, stroje pro:

- dělení materiálu, řezáním plazmou, strojními nůžkami, CNC pilou,
- svařování metodou TIG, MIG.

Ve výrobní a montážní hale jsou instalovány dva mostové jeřáby o celkové nosnosti 10tun.

2) Strojní obrobnu, stroje pro:

- CNC soustružení GOODWAY 3300,
- CNC frézování AKIRA SEIKI,
- CNC frézování FCR50 modernizovaná verze,
- strojní sloupové vrtačky VR6 a Proma B-1850FP/400.

1.1 Historie a současnost společnosti

Firma byla založena v roce 2000, od roku 2004 zřídila provozovnu v Lačnově, kde realizuje své podnikatelské záměry do současnosti.

V roce 2004 pořídila výrobní stroje na obrábění kovů a začala se zabývat výrobou kovových konstrukcí a kovodělných výrobků a také výrobou strojů a zařízení, kterou se zabývá dodnes. Postupně obměňovala strojní zařízení z klasických obráběcích strojů na CNC stroje.

V současné době se zabývá výrobou jednoduchých i velmi složitých strojních dílců výrobních strojů, které dále kompletuje a prodává. Výrobky se vyrábí na zakázku podle dodané zákaznické dokumentace, ale také podle dokumentace projekčního a konstrukčního oddělení.

Příklady výroby firmy Ing. Jiří Pavla:

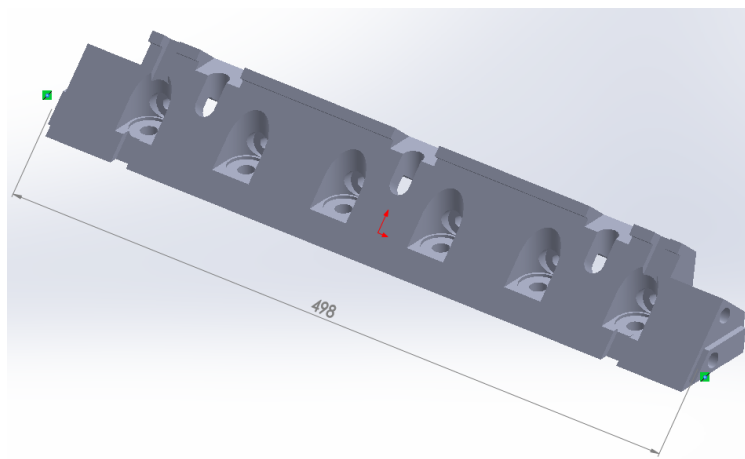
Magnetické upínače pro obráběcí stroje a břemenové magnety pro společnost SAV se sídlem v Německu, Obr. 1. Komponenty rozvodů energetických zařízení pro společnost Královopolská, a.s. Brno, dílce pro vojenský průmysl pro společnost VOP, s.p. se sídlem Šenov u Nového Jičína a další.



Obr. 1: Výrobky pro společnost SAV [1]

1.2 Volba součásti

Pro účel mé diplomové práce byla zvolena součást s názvem Trámec. Součást je graficky zobrazena na Obr. 2. Jde o výrobek ze široké škály výrobků, které firma ing. Jiří Pavla dlouhodobě vyrábí. Jedná se o součást, která obsahuje mnoho funkčních ploch, na které je kladen důraz na maximální přesnost rozměrů a jakosti plochy viz výkres, který je součástí přílohy A. Trámec se dá pracovním nazvat také jako „držák“ drticích nožů, které jsou připevněny pomocí šroubů na buben štěpkovacího stroje. Objednávky od cílového odběratele chodí pravidelně ve výrobní dávce 100ks.



Obr. 2: Grafické znázornění zvolené součásti

2. STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB VÝROBY

Ve firmě Ing. Jiří Pavla se v současné době využívají nové i starší stroje a jejich vzájemná kombinace je základem pro vysokou flexibilitu a široký okruh možné výroby, které osloví širokou škálu zákazníků. Vzhledem k náročnosti dané součásti je použití modernějších strojů vč. přídatných os nezbytnou součástí k dosažení vysoké efektivnosti a především přesnosti, od které se výroba odráží.

Výhody stávajícího způsobu výroby:

Výhodou stávajícího stavu výroby je především minimální manipulace materiálu mezi pracovišti, kdy se kompletní frézovací operace provádí na jednom stroji, na minimální počet upnutí viz Technologický postup uvedený v Tab. 6.

Nevýhody stávajícího způsobu výroby:

Hlavní nevýhodou stávajícího způsobu výroby je velmi malé využití materiálu, kdy více než 50 % materiálu je potřeba odfrézovat, čímž se velmi razantně navyšuje strojní čas a také opotřebení nástrojů, které se projevují do celkových nákladů výroby.

Při výrobě se projevila malá tuhost obrobku daná rozměry, především poměrně dlouhou délkou a malým průřezem součásti. Při frézování se součást vlivem řezných sil pružně deformuje, což má za důsledek, že rozměry nejsou v celé obráběné délce v daném tolerančním poli. I přes podepření hrotem v koníku trvaly stále problémy s nepřesností rozměrů.

Vzhledem k výše uvedeným nevýhodám byly navrženy celkem dvě varianty technologického postupu pro co nejefektivnější optimalizaci stávajícího způsobu výroby.

V následujících kapitolách je detailně popsána soustava Stroj-Nástroj-Obrobek-Přípravek stávající výroby včetně technologického postupu stávajícího stavu.

2.1 Stroje stávajícího stavu

Při stávajícím způsobu jsou využívány celkem dva stroje, které jsou popsány v následujících kapitolách.

Označení strojů v TP (Tab. 6)

Označení stroje	Použitý stroj
S1	Pila Pilous ARG 250
S2	CNC frézka Akira Performa V4 XP

Tab. 1: Označení strojů

2.1.1 Pila Pilous ARG 250

V současné době je materiál dělen na CNC automatizované pilce typu Pilous ARG 250. Stroj je možno ovládat v plně automatizovaném, poloautomatickém nebo ručním režimu, čímž najde uplatnění jak v sériové výrobě, tak také ve výrobě kusové.

Parametry stroje:

- průřez 250mm, délka jednorázového podání 500mm,
- měnič rychlosti podání kusu dle váhy obrobku,
- plynulé manuální nastavení úhlu řezu v rozsahu 90°-45°,
- automatické kontrola správného napnutí pásu, při přetržení pásu stroj automaticky vypne.

2.1.2 CNC frézka Akira Performa V4 XP

Při stávajícím způsobu výroby dané součásti se veškeré frézovací operace provádí na stroji Akira Performa V4 XP (Obr. 3), běžící na systému Heidenhain.

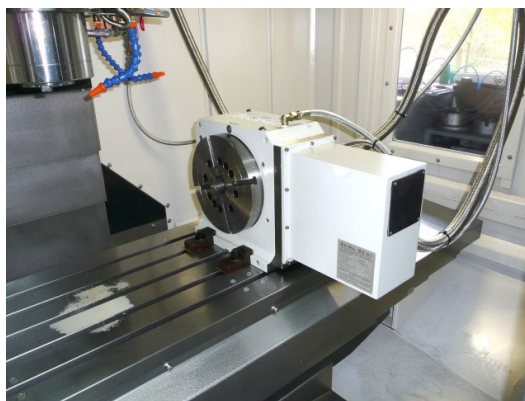
Parametry stroje:

- rozjezd v ose X/Y/Z = 1200/ 600/ 600,
- vzdálenost vřetene od stolu = 75-635 mm,
- maximální zatížení stolu = 1200 kg.



Obr. 3: CNC frézka AKIRA-SEIKI Performa V4 XP [2]

Při výrobě trámce stávajícím způsobem se využívá na stroji Akira přídavné 4. osy značky Detron (Obr. 4) a současně koníku k podepření součásti.



Obr. 4: Přídavná 4. osa Detron [3]

2.2 Nástroje stávajícího stavu

Při výrobě na stroji Akira (kapitola 2.1.2) se využívá nástrojů, které jsou názorně znázorněny v Tab. 2 – Tab. 5. Součástí tabulek je označení daných nástrojů, které je použito v technologickém postupu (Kapitola 2.5) včetně doporučených řezných rychlostí dané dodavatelem nástrojů.

Vrtání:

Označení nástroje v TP	Průměr vrtáku	Popis	Doporučená řezná rychlost v_c , posuv f
N1	Pr. 5 mm	- tvrdokov, vnitřně chlazený, pod závit M6	$v_c=80-100$ m/min, $f=0,10$ mm/ot
N2	Pr. 7 mm	- tvrdokov, vnitřně chlazený	$v_c=80-100$ m/min, $f=0,13$ mm/ot
N3	Pr. 10 mm	- tvrdokov, vnitřně chlazený, pod závit M12	$v_c=80-100$ m/min, $f=0,18$ mm/ot
N4	Pr. 11 mm	- tvrdokov, vnitřně chlazený	$v_c=80-100$ m/min, $f=0,20$ mm/ot

Tab. 2: Vrtací nástroje používané při stávajícím způsobu výroby [6]

Závitování:

Označení nástroje v TP	Velikost závitníku	Označení v TP	Typ závitníku	Doporučená řezná rychlost v_c
N5	M6	Záv.M6	- tvářecí	$v_c=10-15$ m/min
N6	M12	Záv.M12	- tvářecí	$v_c=10-15$ m/min

Tab. 3: Závitníky používané při stávajícím způsobu výroby [7]

Frézování:

- Frézy s VBD:

Označení nástroje v TP	Typ frézy	Průměr frézy	Použití	VBD	Doporučená řezná rychlost v_c , posuv f_z
N7	Fréza Palbit s VBD	63 mm	Hrubování	SNHX 1206 ANEN-LP	$v_c=160-240$ m/min, $f_z=0,10-0,30$ mm
N8	Fréza Palbit s VBD	63 mm	Dokončování	SNHX 1206 ANEN-LP	$v_c=160-240$ m/min, $f_z=0,10-0,30$ mm
N9	Fréza Palbit s VBD	30 mm	Hrubování	APKT 1604 PDER TC35	$v_c=130-220$ m/min, $f_z=0,10-0,25$ mm

Tab. 4: Frézy s VBD používané při stávajícím způsobu výroby [8]

- Monolitní frézy:

Označení nástroje v TP	Typ frézy	Průměr frézy	Použití	Doporučená řezná rychlost v_c , posuv na zub f_z
N10	Monolitní fréza	12 mm	Hrubování +dokončování	$v_c=80-120$ m/min, $f_z=0,04$ mm
N11	Monolitní fréza	14 mm	Hrubování + dokončování	$v_c=80-120$ m/min, $f_z=0,05$ mm
N12	Monolitní fréza	16 mm	Hrubování + dokončování	$v_c=80-120$ m/min, $f_z=0,06$ mm

Tab. 5: Monolitní frézy používané při stávajícím způsobu výroby [8]

2.3 Obráběná součást

- Obráběnou součástí pro účel mé diplomové práce byla zvolena součást s pracovním názvem trámec. Jedná se o „držák“ drtících nožů, které jsou součástí bubnu štěpkovacího stroje. Detailně je součást popsána v kapitole 1.2, výrobní výkres je přílohou A a graficky je součást znázorněna na obrázku 6.

2.3.1 Materiál

Materiál je zvolen zákazníkem a jedná se o materiál C45 podle normy ČSN EN 10027-1. Dle starého značení podle normy ČSN 42 0002 se jedná o materiál 12 050.

Je to nelegovaná ocel, která se většinou používá pro méně namáhané strojní díly a to ve stavu zušlechtném nebo normalizačně žíhaném. Optimálních hodnot dané oceli se dosáhne v zakaleném a následně popuštěném stavu. Ocel je vhodná k povrchovému kalení plamenem nebo indukci. Obrobitelnost může být po válcování ztížená vlivem zvýšené pevnosti, proto se doporučuje obrábět materiál ve stavu žíhaný naměkko. Chemické složení a mechanické vlastnosti daného materiálu můžeme názorně vidět na Obr. 5.

Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S max. ¹⁾	Cr max.	Mo max.	Ni max.	Cr+Mo+Ni
	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	max. 0,63
Složení hotového výrobku ²⁾	0,40-0,52	0,43	0,46-0,84	0,035	0,040	0,45	0,13	0,45	
Mechanické vlastnosti v zušlechtném stavu. ³⁾	Průměr mm	R _e min. MPa		R _m MPa		A min. %		Z min. %	
	d ≤ 16	490		700-850		14		35	
	16 < d ≤ 40	430		650-800		16		40	
	40 < d ≤ 100	370		630-780		17		45	
Mechanické vlastnosti ve stavu normalizačně žíhaném ³⁾	d ≤ 16	340		min. 620		14		-	
	16 < d ≤ 100	305		580		16		-	
	100 < d ≤ 250	275		560		16		-	

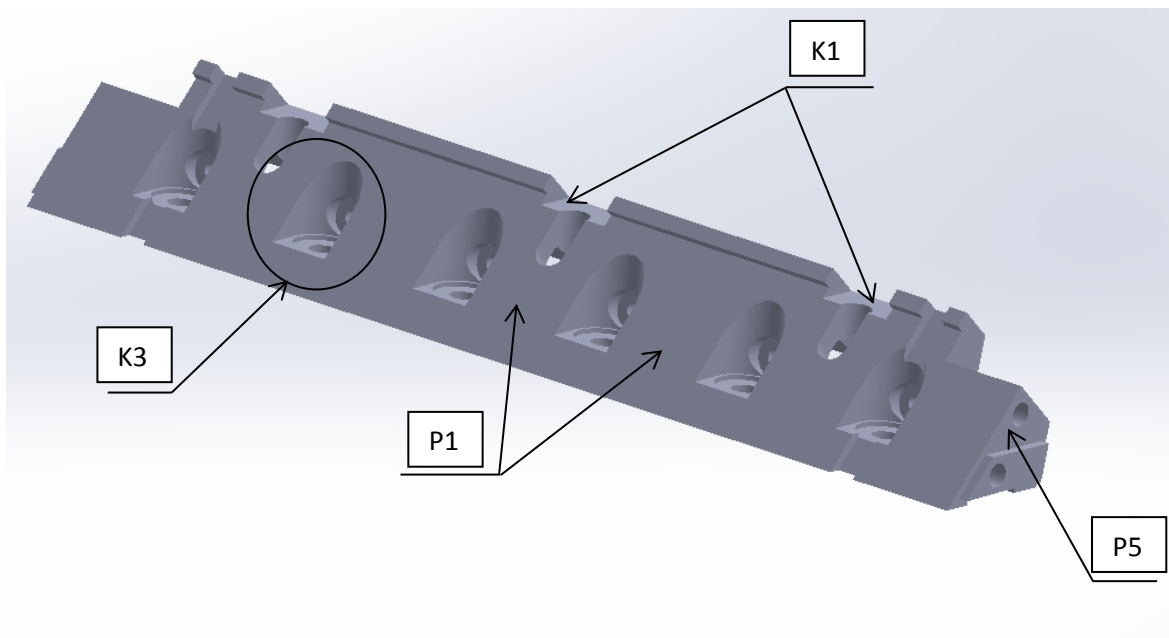
Obr. 5: Chemické složení a mechanické vlastnosti materiálu C45 [4]

2.3.2 Polotovar

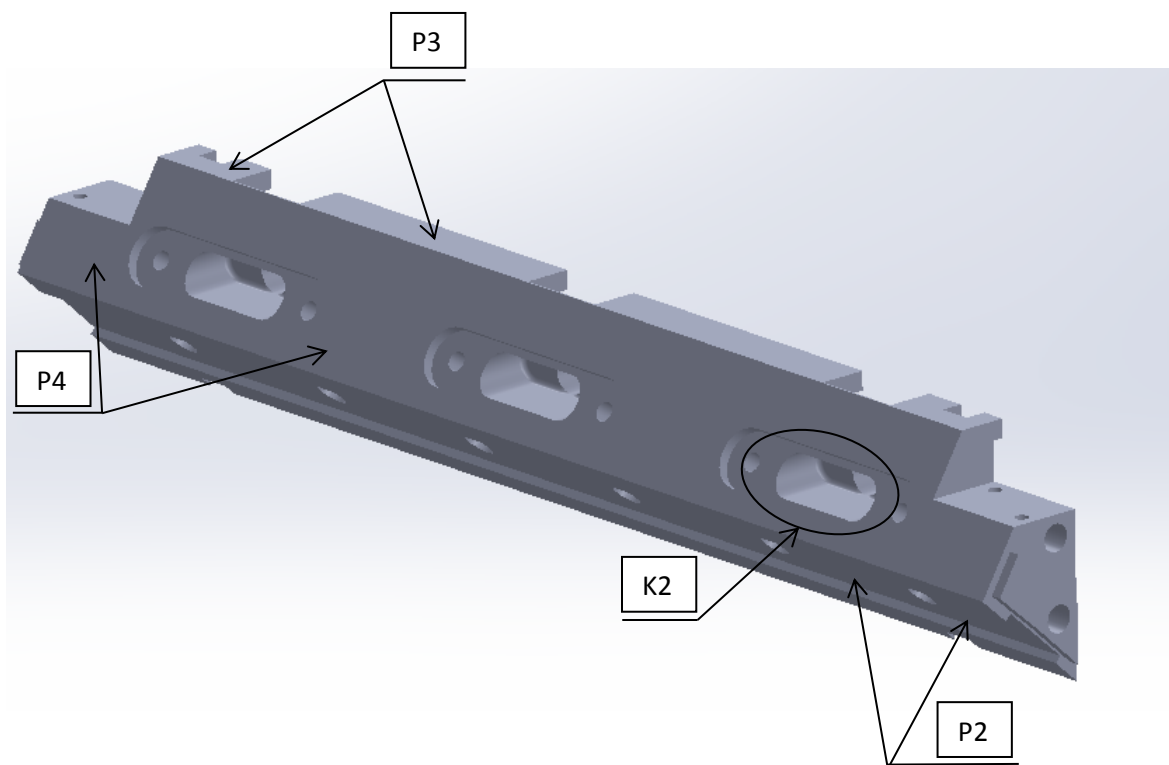
- Jako polotovar byla vzhledem z rozměrů dané součásti zvolena válcovaná tyč PLO 90x50 - 504 mm.

2.3.3 Označení jednotlivých ploch do technologického postupu

Na následujících obrázcích (Obr. 6 a Obr. 7) jsou detailně zobrazeny plochy a kapsy, které jsou použity v technologickém postupu (Tab. 6). Plochy jsou označeny zkratkou „P“ a kapsy zkratkou „K“.



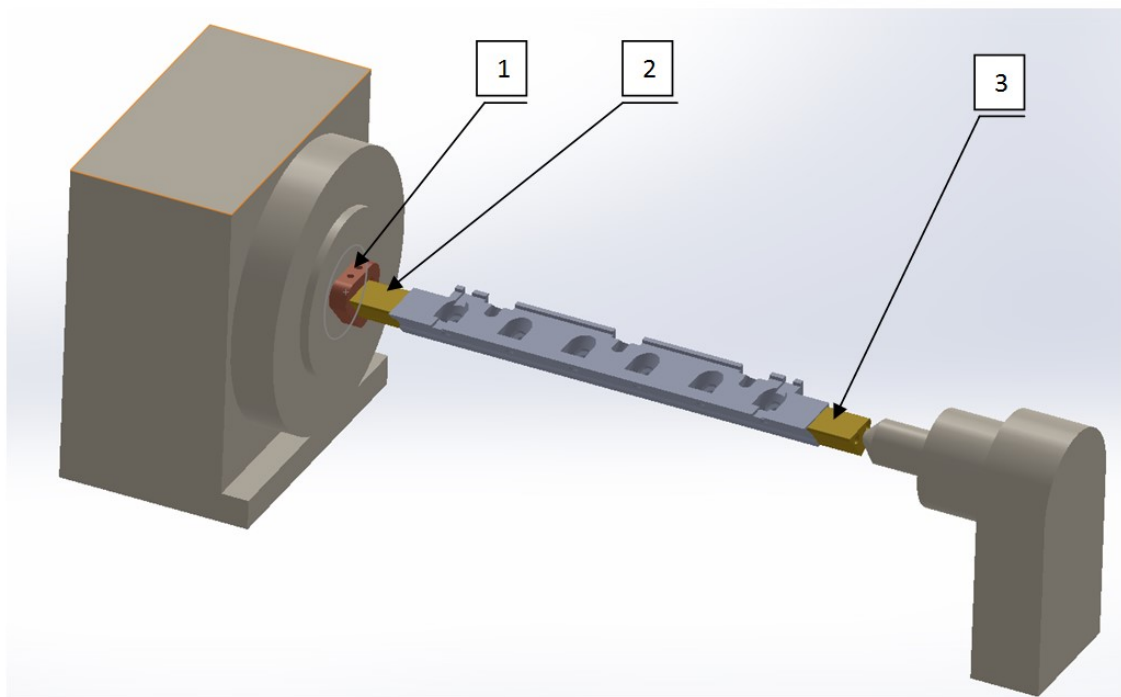
Obr. 6: Detailní zobrazení ploch a kapes použitých v TP I



Obr. 7: Detailní zobrazení ploch a kapes použitých v TP II

2.4 Přípravky stávajícího stavu

Pro upínání na přídatnou 4. Osu frézky Akira (kapitola 2.1.2) byly vytvořeny speciální přípravky, které využívají podpěrného hrotu v koníku k podepření součásti. Na Obr. 8 je znázorněn kompletní systém upínání součásti při obrábění s aktivní 4. osou.



Obr. 8: Schéma upínání obrobku

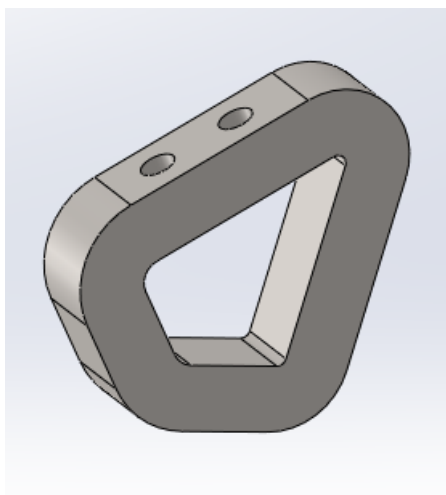
Pozice 1: Přípravek upevněný na 4. osu, viz kapitola 2.4.1.

Pozice 2: Přípravek k upnutí na 4. osu, viz kapitola 2.4.2.

Pozice 3: Přípravek k podepření, viz kapitola 2.4.3.

2.4.1 Přípravek upevněný na 4. osu

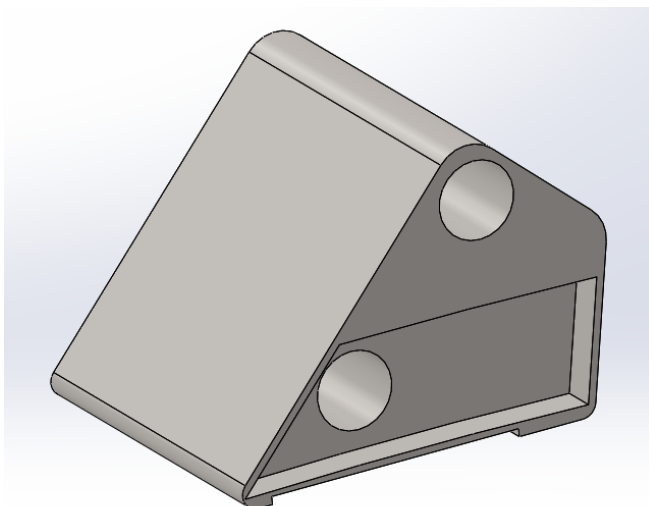
- Přípravek vložen a pevně připevněn na přírubu, která je součástí 4. osy.
- Materiál přípravku byl zvolen 14 220 v zušlechtěném stavu.
- Součástí jsou 2 závity M6 pro zajištění polohy dovnitř vkládaného kusu.



Obr. 9: Přípravek upevněný na 4. Osu

2.4.2 Přípravek k upnutí součásti na 4. osu

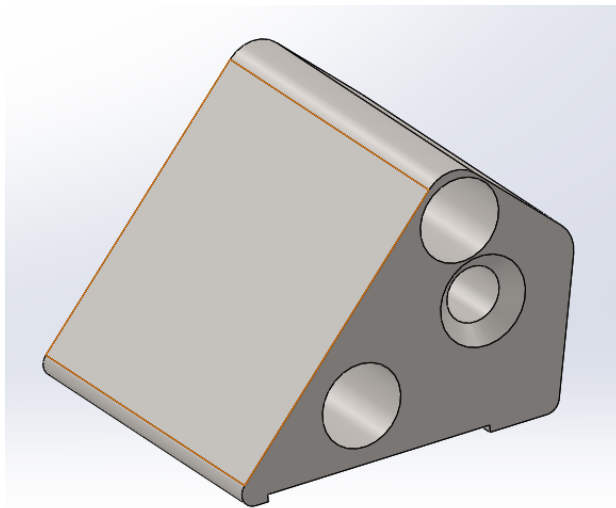
- Přišroubován 2 šrouby M12 na čelo obrobku, poté se vkládá do pevně připevněného protikusu na přírubě 4. osy.
- Zajištěn proti pohybu 2 šrouby M6 v pevné části přípravku na 4. ose.
- Přípravek kopíruje obvod součásti na čele, zmenšený o 2 mm, aby při obrábění nedocházelo k deformaci přípravku nástrojem.
- Materiál 14 220 v zušlechtěném stavu.



Obr. 10: Přípravek na upnutí součásti na 4. Osu

2.4.3. Přípravek k podepření podpěrným hrotem

- Totožný postup montáže přípravku na kus, jako na druhém čele obrobku.
- Stejně rozměry přípravku jako u přípravku na upnutí do 4. osy, ovšem opatřen středícím důlkem v ose součásti pro podepření.
- Materiál 14 220 v zušlechtěném stavu.



Obr. 11: Přípravek k podepření obrobku

2.5 Technologický postup stávajícího stavu

Technologický postup (Tab. 6) je značně složitý, především ve velkém množství opracovávaných ploch. Pro přehlednost daného technologického postupu, má každá plocha své specifické označení viz kapitola 2.3.3.

V prvním sloupci tabulky č. 6 je znázorněno číslo operace / stroj použitý pro danou operaci. Stroje použité při stávajícím způsobu výroby jsou popsány v kapitole 2.1.

Ve třetím sloupci jsou znázorněny nástroje použité pro danou operaci. Označení nástrojů včetně jejich doporučených řezných podmínek je v kapitole 2.2.

Součástí technologického postupu jsou i použité řezné podmínky při provádění dané operace, které jsou vypsány ve čtvrtém sloupci Tabulky 6.

Č./STR.	OPERACE	NÁSTROJ	POUŽITÉ ŘEZNÉ PODMÍNKY
10/S1	Řezání Řezat na L= 504 mm. Hrany odjehlit.		
20/S2	Frézování čel (Plocha P5) Upnout do svěráku na výšku, hrubování plochy P5 (N7), frézovat plochu P5 na čisto (N8), vrtat 2x díru pr. 10 do hl. 32 mm (N3), válcovat závity M12 do hl. 25 mm (N6), frézovat osazení dle NC programu (N12). Otočit, a operace opakovat na protějším čele obrobku. Kontrola závitů kalibrem.	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N3 - Vrt. 10 mm	vc= 90 m/min, f= 0,18 mm/ot
		N6 - Záv. M12	vc= 13 m/min
		N12 - Fr. 16 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
30	Montáž přípravku Pomocí šroubů M12 na čela připevnit přípravky pro upnutí.		
40/S2	Upnutí na 4. osu Obrobek včetně přípravků na upnutí vložit do přípravku na 4. ose stroje, podepřít opěrným hrotem, zajistit aretačním šroubem proti povolení.		
50/S2	Frézování plochy P1 Hrubování plochy P1 (N7), frézování plochy P1 na čisto (N8), frézování 2x drážka 12 mm do hl. 4 mm (N10), frézovat drážku 14 mm do hl. 30mm (N11).	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N10 - Fr. 12 mm	vc= 80-120 m/min, fz= 0,04 mm, ap= 1 mm
		N11 - Fr. 14 mm	vc= 80-120 m/min, fz= 0,05 mm, ap= 1 mm

60/S2	Frézování plochy P2 Hrubování plochy P2 (N7), frézování plochy P2 na čisto (N8), frézování drážky 30H8 do hloubky 3mm (N12), vrtat 6x díru pr. 11 mm do hloubky 25 mm (N4). Kontrola rozměru 30H8 měrkami.	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
		N4 - Vrt. 11 mm	vc= 80 m/min, f= 0,20 mm/ot, ap= 1 mm
70/S2	Frézování plochy P3 Hrubování plochy P3 (N7), frézování plochy na čisto (N8), frézování 2x krajní vybrání 41 mm do hl. 21,5 mm (N9), vrtat 4x pr.5mm do hl. 18 mm (N1), 4x závit M6 do hl. 15mm (N5). Kontrola závitů kalibrem.	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N9 - Fr. 30 mm	vc= 130 m/min, fz= 0,15 mm, ap= 2 mm
		N1 - Vrt. 5 mm	vc= 80 m/min, f= 0,10 mm/ot
		N5 - Záv. M6	vc= 10 m/min
80/S2	Frézování kapsy K1 Frézovat 3x kapsu 34 mm (N12), frézovat drážku 14 mm do hl. 30mm (N11).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
		N11 - Fr. 14 mm	vc= 80-120 m/min, fz= 0,05 mm, ap= 1 mm
90/S2	Frézování plochy P4 Hrubování plochy P4 (N7), frézování plochy P4 na čisto (N8), frézování 3x drážky 22 mm do hl. 4 mm (N12), vrtání 6x díra pr. 7mm (N2).	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
		N2 - Vrt. 7 mm	vc= 80 m/min, f= 0,13 mm/ot
100/S2	Frézování kapsy K2 Frézovat 3x drážku 16 mm do hl. 11 mm (N12).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
110/S2	Frézování kapsy K3 Frézovat 6x kapsu 28 mm (N12), frézovat zahloubení pr. 26 mm do hl. 2 mm (N12).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm

120/S2	Frézování zahloubení kapsy K3 Frézovat zahloubení pr. 17 mm do hloubky 4 mm (N10).	N10 - Fr. 12 mm	vc= 80-120 m/min, fz= 0,04 mm, ap= 1 mm
130	Odjehlení Všechny hrany zbavit otřepů, ostré hrany zkosit, kromě rozměru 12,9 +/- 0,05mm.		
140	Kontrola Kontrolovat všechny rozměry dle výkresu.		

Tab. 6: Technologický postup stávajícího způsobu výroby

Časy operací na jednotlivých strojích byly pro účely diplomové práce sděleny technologem firmy:

- Pro operaci 10 byl čas operace 5 minut.
- Pro operaci 20 čas 11,5 minut.
- Pro operace 30-120 celkový čas 93,5 minut.

2.6 Kalkulace nákladů stávajícího stavu

Hodinové sazby použitých strojů:

Hodinové sazby daných strojů obsahují samotnou mzdu obsluhy stroje a náklady na nástroje, výrobní režie a jiné. Mezi náklady na nástroje spadá ostření monolitních nástrojů a náklady spojené s výměnou VBD.

Náklady na konstrukci a výrobu přípravků v našem výpočtu neuvádíme, byla by předmětem dalšího zkoumání.

STROJ	HODINOVÁ SAZBA
Pilous	300,- Kč/hod
Akira	600,- Kč/hod

Tab. 7: Hodinové sazby strojů stávajícího způsobu

Cena materiálu:

Váha polotovaru PLO 90x50–504 – dle výpočtů v programu SolidWorks: $m_p = 17,8 \text{ kg}$

Cena materiálu za 1 kg: $c_m = 18,5,- \text{ Kč/kg}$

$$c_p = m_p * c_m = 17,8 * 18,5 \Rightarrow c_p = 330 \text{ Kč} \quad (2.1)$$

Cena polotovaru: $c_p = 330 \text{ Kč/ks}$

c_p cena polotovaru

m_p váha polotovaru

c_m cena 1 kg materiálu

Procentuální využití materiálu:

Váha polotovaru: $m_p = 17,8 \text{ kg}$

Čistá váha obrobku: $m_o = 6,12 \text{ kg}$

$$k_m = \frac{m_p}{m_o} = \frac{6,12}{17,8} * 100 = 34,4 \Rightarrow 34,4\% \quad (2.2)$$

k_m využití materiálu

m_p váha polotovaru

m_o čistá váha obrobku

Využití materiálu při současném stavu výroby se rovná **34,4%**.

Dělení – stroj Pilous:

Manipulace	Řezání	Čas celkem	Hod. sazba	Celkem
1 min	4 min	$t_p = 5 \text{ min}$	$HS_p = 300,-\text{Kč/hod}$	$N_d = 25,-\text{Kč/ks}$

Tab. 8: Dělení materiálu při stávajícím způsobu výroby

$$N_d = \frac{HS_p}{60} * t_p = \frac{300}{60} * 5 = 25, -\text{Kč/ks} \quad (2.3)$$

N_d náklady na dělení

HS_p hodinová sazba pilky

t_p čas řezání na pilce

Frézování čel – stroj Akira:

Manipulace	Frézování	Čas celkem	Hod. sazba	Celkem
2,5 min	2x 4,5 min	$t_{f1} = 11,5 \text{ min}$	$HS_{f1} = 600,-\text{Kč/hod}$	$N_{f1} = 115,-\text{Kč/ks}$

Tab. 9: Frézování čel při stávajícím způsobu výroby

$$N_{f1} = \frac{HS_{f1}}{60} * t_{f1} = \frac{600}{60} * 11,5 = 115, -\text{Kč/ks} \quad (2.4)$$

N_{f1} náklady na frézování čel

HS_{f1} hodinová sazba CNC frézky Akira

t_{f1} čas frézování čel

4.osé frézování – stroj Akira:

Manipulace	Frézování	Čas celkem	Hod. sazba	Celkem
6 min	87,5 min	$t_{f2} = 93,5 \text{ min}$	$HS_{f1} = 600,-\text{Kč/hod}$	$N_{f2} = 935,-\text{Kč/ks}$

Tab. 10: 4. osé frézování při stávajícím způsobu výroby

$$N_{f2} = \frac{HS_{f1}}{60} * t_{f2} = \frac{600}{60} * 93,5 = 935, -\text{Kč/ks} \quad (2.5)$$

N_{f2} náklady na 4. osé frézování

HS_{f1} hodinová sazba CNC frézky Akira

t_{f2} čas frézování čel

Odjehlení a kontrola:

Vzhledem k poměrně velkému strojnímu času, odjehlení a konečnou kontrolu provádí obsluha souvisle s obráběním a tím pádem ve výpočtu počítáme s nulovými náklady na odjehlení a konečnou kontrolu.

Celková cena včetně materiálu stávajícího stavu:

Materiál	Řezání	Frézování čel	4.osé frézování
$c_p = 330,-\text{Kč}$	$N_d = 25,-\text{Kč}$	$N_{f1} = 115,-\text{Kč}$	$N_{f2} = 935,-\text{Kč}$

Tab. 11: Celkové náklady stávajícího způsobu výroby

$$N_c = c_p + N_d + N_{f1} + N_{f2} \quad (2.6)$$

$$N_c = 330 + 25 + 115 + 935 = 1405 \Rightarrow N_c = 1405,- \text{ Kč/Ks}$$

N_c celkové náklady výroby

Celková cena výroby dle stávajícího technologického postupu včetně materiálu činí 1405,-Kč/ks.

3. NAVRHOVANÝ VÝROBNÍ POSTUP I

Cílem optimalizace výrobního postupu je eliminovat nedostatky ze stávajícího způsobu výroby. Postupem času se ukázalo, že hlavní nevýhody současného stavu výroby jsou:

- Malé využití materiálu.
- Malá tuhost sestavy při obrábění.
- Nepřesnosti vznikající v podepření koníkem.

Pro zvýšení využití materiálu je pro danou součást vzhledem k téměř trojúhelníkovému průřezu materiálu zvolena technologie podélného řezání hranolu k dosažení co nejvyšší spotřeby materiálu. Daná technologie včetně strojů, nástrojů a navrhovaných přípravků je detailně popsána v kapitole 3.1.2.

K eliminaci problematiky malé tuhosti součásti při obrábění je navrženo řešení upínání na kruhovou tyč průměru 100mm, která je upravena dle rozměrů obráběné součásti. Navrhovaný systém upínání je detailně zobrazen na Obr. 16.

Pro snížení rizika vzniku nepřesností vznikajících při podepření koníkem se při navrhované variantě výrobního postupu využívá přesného otočného stolu, který slouží jako protikus 4. osy a eliminuje vznik možných nepřesností. Otočný stůl, který je využíván při 4-osém frézování je zobrazen a detailně popsán v kapitole 3.1.3.

Při navrhovaném technologickém postupu je výroba přenesena na více strojů, z důvodu snížení výrobního času na stroji Akira. To má za důsledek zvýšení manipulace s výrobkem, ale ve výsledku může znamenat uvolnění kapacit pro rozšíření výroby na stroji. Detailní popis strojů, nástrojů s doporučenými řeznými podmínkami a přípravků zapojených do navrhovaného výrobního postupu je v kapitole 3.1.

3.1 Stroje použité v navrhované variantě I

Vzhledem k většímu počtu strojů zapojených do navrhovaného způsobu výroby, jsou stroje v TP (Tab. 16) označeny dle následující tabulky:

Označení stroje	Navrhovaný stroj
S1	Pilous ARG 250
S3	TOS FCR 50
S4	TOS FB 32 H
S2	Akira Performa
S5	Vrtačka Proma

Tab. 12: Navrhované stroje varianty I

Stroje a nástroje včetně přípravků nutných k výrobě jsou podrobně rozepsány v následujících kapitolách.

3.1.1. CNC frézka TOS FCR 50 – S3

V navrhovaném technologickém postupu (Tab. 16), se stroj CNC frézka TOS FCR 50 (Obr. 12) používá k přípravě polotovaru před podélným dělením. Na stroji FCR 50 je opracována plocha P2 (Kapitola 2.3.3), drážka 30H8 včetně děr pr. 11mm a závitů M10 sloužících pro upnutí na přípravek na stroj Akira (Kapitola. 2.1.2).

Pro upínání polotovaru není potřeba žádných speciálních přípravků a upnutí se provádí ve strojním svěráku.

Parametry stroje:

- Řídicí systém Heidenhain TNC 530.
- Rozjezd v ose X/Y/Z = 1250/ 500/ 600.
- Rozměry pracovního stolu: 500x2000 mm.
- Maximální zatížení stolu = 1200 kg.
- Nástrojová hlava s šesti pozicemi.



Obr. 12: Stroj TOS FCR 50

Navržené nástroje pro výrobu na frézce TOS FCR 50:

Vrtání:

Označení nástroje v TP	Průměr vrtáku	Popis	Doporučená řezná rychlost v_c , posuv f
N13	Pr. 8,5 mm	- tvrdokov, vnitřně chlazený, pod závit M10	$v_c=80-100$ m/min, $f=0,10$ mm/ot
N14	Pr. 11 mm	- tvrdokov, vnitřně chlazený	$v_c=80-100$ m/min, $f=0,13$ mm/ot

Tab. 12.1: Vrtací nástroje navrhované varianty I

Závitování:

Označení nástroje v TP	Velikost závitníku	Označení v TP	Typ závitníku	Doporučená řezná rychlost v_c
N15	M10	Záv.M10	- tvářecí	$v_c=10-15$ m/min

Tab. 13: Závitníky navrhované varianty I

Frézování:

Frézy s VBD:

Označení nástroje v TP	Typ frézy	Průměr frézy	Použití	VBD	Doporučená řezná rychlost v_c , posuv na zub f_z
N16	Fréza Palbit s VBD	63 mm	Hrubování	SNHX 1206 ANEN-LP	$v_c=160-240$ m/min, $f_z=0,10-0,30$ mm
N17	Fréza Palbit s VBD	63 mm	Dokončování	SNHX 1206 ANEN-LP	$v_c=160-240$ m/min, $f_z=0,10-0,30$ mm

Tab. 14: Frézy s VBD navrhované varianty I [8]

Monolitní frézy:

Označení nástroje v TP	Typ frézy	Průměr frézy	Použití	Doporučená řezná rychlost v_c , posuv na zub f_z
N18	Monolitní fréza	20 mm	Hrubování +dokončování	$v_c=80-120$ m/min, $f_z=0,07$ mm

Tab. 15: Monolitní frézy navrhované varianty I [8]

3.1.2 Frézka horizontální TOS FB 32 H – S4

Pro potřebu podélného dělení byl zvolen stroj TOS FB 32 H.

Parametry stroje:

- rozjezd v ose X/Y/Z = 800/ 280/ 300,
- rozměry pracovního stolu: 450x1400 mm,
- maximální zatížení stolu = 785 kg,
- vzdálenost vřetena od stolu: 490 mm.

Nástroj pro podélné dělení:

Nástroj pro podélné dělení je zvolen dělicí pilový kotouč Pilana průměru 350 mm, šířky 3,5 mm o celkovém počtu 60 zubů ze slinutých karbidů.



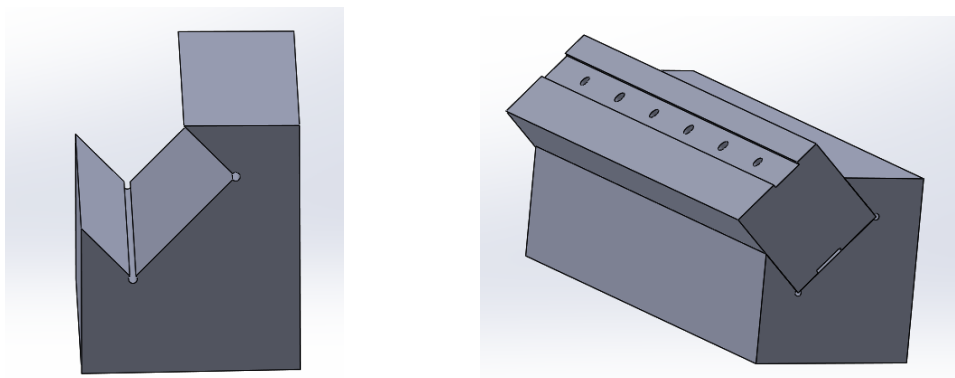
Obr. 13: Pilový kotouč Pilana

Přípravek pro upnutí při podélném dělení:

Jako přípravek pro podélné dělení je navržen speciální hranol, do kterého je vyfrézováno vybrání pod úhlem 45°, aby výsledné polotovary po prořezání měly požadované rozměry. Přípravek je graficky znázorněn na Obr. 14.

Do přípravku je polotovaz vložen, a následně bodově s přípravkem svařen, aby nedošlo při řezání k uvolnění obrobku. Spojení přípravku s polotovarem pomocí sváru mimo jiné zajišťuje, že při kompletním prořezání jsou obě části neustále trvale spojeny a je předcházeno deformaci řezného kotouče, ale i obrobku.

Aby se předcházelo zbytečným prostupům, kdy je potřeba odbrousit svár, jsou vyrobeny dva kusy přípravků, kdy při samotném procesu řezání obsluha na druhém přípravku sváry odbrousí a nachystá další polotovar.



Obr. 14: Upínací systém při podélném řezání

3.1.3 CNC frézka Akira Performa V4 XP – S2

Popis stroje a technické parametry jsou detailně popsány v kapitole 2.1.2.

Při navrhované variantě výrobního postupu se na stroji Akira nevyužívá podepření hrotem v koníku, ale používá se otočný stůl značky Detron (Obr. 15).



Obr. 15: Otočný stůl Detron

Navržené nástroje pro výrobu na stroji Akira

Navržené nástroje pro navrhovanou variantu jsou totožné s nástroji při současném stavu a jsou popsány v kapitole 2.2.

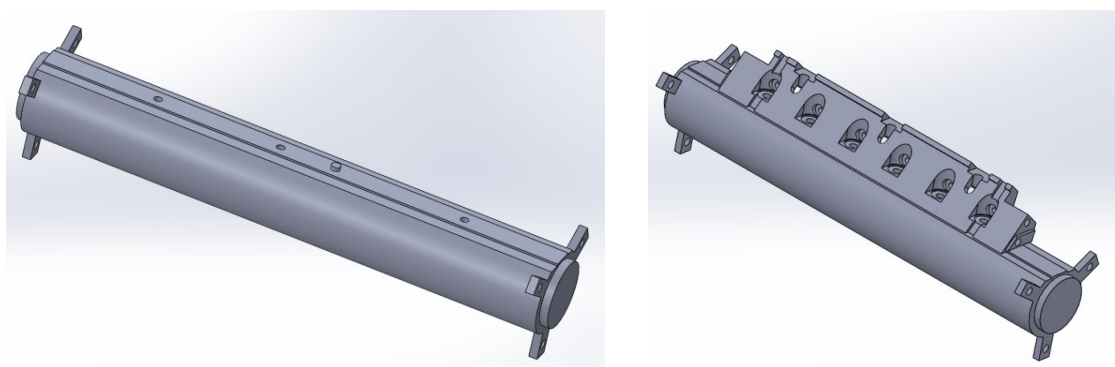
Navržené přípravky pro výrobu na stroji Akira

Pro navrhovanou variantu výrobního postupu je potřeba na stroji Akira celkem dvou přípravků. Přípravek na 4.osé frézování (Obr. 16), který je vyroben z kruhové tyče průměru 100 mm a přípravek pro obrábění čel dílců (Obr. 17).

Přípravek pro upnutí obrobku na 4. osu

Z důvodu zvýšení tuhosti sestavy při obrábění, byla zvolena tyč průměru 100 mm, která je upravena na potřeby daného typu obrobku. Připevní se pomocí šroubů na přírubu přidavné 4. osy a otočného stolu. Tyč je zobrazena na Obr. 16.

Pro vymezení polohy součásti v ose Y se využívá drážky 30H8. V ose X se poloha vymezuje pomocí čepu průměru 11 mm. Součást je k tyči spojena pomocí 3 šroubů M10.

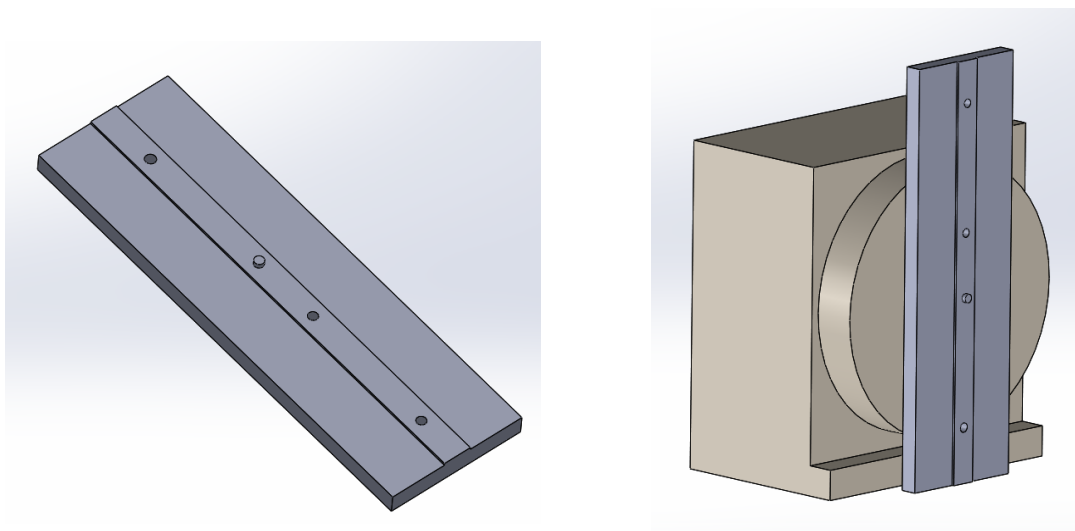


Obr. 16: Upínací tyč

Přípravek pro frézování čel

Pro upnutí polotovaru na výšku k obrábění čel obrobku je využívána přidavná 4. osa, na kterou je pomocí šroubů připojena speciálně upravená deska (Obr. 17).

Spojení součásti s přípravkem se provádí pomocí 3 šroubů M10.



Obr. 17: Systém upínání při obrábění čel

3.1.4 Vrtačka Proma typu B-1850FP/400 – S5

Na vrtačce se provádí převrtání závitů M10, které se využívají pro upínání na přípravek na 4. ose.

Nástrojem je navržen HSS vrták průměr 11mm. (N19)

Parametry stroje:

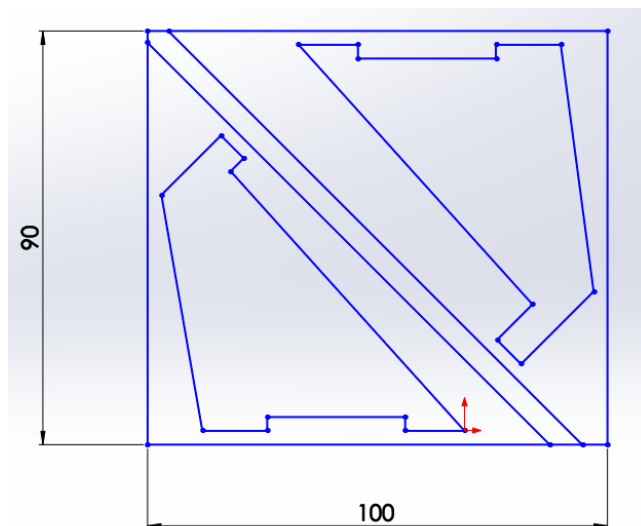
- Chod vpravo-vlevo pro řezání závitů.
- Dutý stůl s odvodem chladicí emulze.
- Masivní základna z šedé litiny zajišťuje stabilitu.
- Integrované osvětlení, chlazení nástroje.
- Digitální odečet otáček i posuvu.

3.2 Materiál

Materiál má u navrhované varianty totožnou jakost jako u stávajícího stavu a jedná se o materiál C45. Materiál včetně chemického složení a mechanických vlastností je detailně popsán v kapitole 2.3.1.

3.2.1 Volba polotovaru

Polotovar navrhované varianty bude značně odlišný od stávajícího způsobu výroby, především kvůli zvolení technologie podélného řezání hranolu. Na náčrtku, který je zobrazen na Obr. 18, je znázorněno ideální řešení podélného řezání. Z obrázku je zřejmé, že kdyby došlo k prořezání materiálu dle náčrtku, došlo by k vytvoření dvou odlišných polotovarů, což je pro další výrobu nepřijatelné. Díky tomuto důvodu volíme polotovar 4HR 100x100.



Obr. 18: Náčrt podélného řezání polotovaru

3.3 Technologický postup navrhované varianty I

V navrhovaném technologickém postupu (Tab. 16), jsou opracovávány plochy označeny stejným způsobem jako při stávajícím způsobu výroby. Detailní zobrazení jednotlivých ploch je v kapitole 2.3.3.

V prvním sloupci tabulky č. 16 je znázorněno číslo operace / stroj použitý pro danou operaci. Stroje použité při navrhovaném způsobu výroby jsou popsány v kapitole 3.1.

Nástroje použité pro danou operaci jsou ve třetím sloupci. Označení nástrojů včetně jejich doporučených řezných podmínek je v kapitole 2.2.

Součástí technologického postupu jsou i použité řezné podmínky při provádění dané operace, které jsou vypsány ve čtvrtém sloupci.

Č./STR	OPERACE	NÁSTROJ	POUŽITÉ ŘEZNÉ PODMÍNKY
10/S1	Řezání Řezat na L= 504 mm. Hrany odjehlít.		
20/S3	Frézování plochy P2 Upnout do svěráku, hrubování plochy P2 (N16), frézování plochy P2 na čisto (N17), frézovat drážku 30H8 do hloubky 3 mm (N18), vrtání 3x díra 8,5 do hloubky 13mm (N15), válcovat 3 x závit M10 (N15), vrtat 3x díra 11 mm (N11). Součást otočit o 180° a jednotlivé operace opakovat. Kontrola rozměru 30H8 měrkami, závity kalibrem.	N16 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N17 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N18 - Fr. 20 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,07 mm, ap= 1 mm
		N15 - Vrt. 8,5 mm	vc= 80 m/min, f= 0,10 mm/ot
		N15 - Záv. M10	vc= 10 m/min
		N11 - Vrt. 11 mm	vc= 90 m/min, f= 0,13 mm/ot
30	Příprava na dělení Součást vložit do speciálního přípravku na podélné řezání. Součást svařovat k přípravku v daných bodech.		
40/S4	Podélné řezání Přípravek s přivařeným polotovarem upnout do svěráku. Součást podélně řezat po celé délce.	Pilana 350/ 3,5 / 60	
50	Upnutí na 4. osu Nasunout na čep pr. 11 mm, spojit pomocí 3 šroubů M10.		
60/S2	Frézování plochy P1 Hrubování plochy P1 (N7), frézování plochy P1 na čisto (N8), frézování 2x drážka 12 mm do hl. 4 mm (N10), frézovat drážku 14 mm do hl. 30mm (N11).	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N10 - Fr. 12 mm	vc= 90 m/min, fz= 0,04 mm, ap= 1 mm
		N11 - Fr. 14 mm	vc= 90 m/min, fz= 0,05 mm, ap= 1 mm

70/S2	Frézování plochy P3 Hrubování plochy P3 (N7), frézování plochy na čisto (N8), frézování 2x krajní vybrání 41 mm do hl. 21,5 mm (N9), vrtat 4x pr.5mm do hl. 18 mm (N1), 4x závity M6 do hl. 15mm (N5). Kontrola závitů kalibrem.	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N9 - Fr. 30 mm	vc= 130 m/min, fz= 0,15 mm, ap= 2 mm
		N1 - Vrt. 5 mm	vc= 80 m/min, f= 0,10 mm/ot
		N5 - Záv. M6	vc= 10 m/min
80/S2	Frézování kapsy K1 Frézovat 3x kapsu 34 mm (N12), frézovat drážku 14 mm do hl. 30mm (N11).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
		N11 - Fr. 14 mm	vc= 80 m/min, fz= 0,05 mm, ap= 1 mm
90/S2	Frézování plochy P4 Hrubování plochy P4 (N7), frézování plochy P4 na čisto (N8), frézování 3x drážky 22 mm do hl. 4 mm (N12), vrtání 6x díra pr. 7mm (N2).	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
		N2 - Vrt. 7 mm	vc= 80 m/min, f= 0,13 mm/ot
100/S2	Frézování kapsy K2 Frézovat 3x drážku 16 mm do hl. 11 mm (N12).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
110/S2	Frézování kapsy K3 Frézovat 6x kapsu 28 mm (N12), frézovat zahloubení pr. 26 mm do hl. 2 mm (N12).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
120/S2	Frézování zahloubení kapsy K3 Frézovat zahloubení pr. 17 mm do hloubky 4 mm (N10).	N10 - Fr. 12 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,04 mm, ap= 1 mm
130	Odjehlení Všechny hrany zbavit otřepů, ostré hrany zkosit, kromě rozměru 12,9 +- 0,05mm.		

140/S5	Vrtání Převrtat 3x závity M10 na díry pr. 11 mm	N19 – Vrt. 11 mm	vc= 80 m/min, f= 0,20 mm/ot
150/S2	Frézování čel (Plocha P5) Upnout do svěráku na výšku, hrubování plochy P5 (N7), frézovat plochu P5 na čisto (N8), vrtat 2x díru pr. 10 do hl. 32 mm (N3), válcovat závity M12 do hl. 25 mm (N6), frézovat osazení dle NC programu (N12). Otočit, a operace opakovat na protějším čele obrobku. Kontrola závitů kalibrem.	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 200 m/min, fz= 0,15 mm, ap=2,5 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 220 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N3 - Vrt. 10 mm	vc= 90 m/min, f= 0,18 mm/ot
		N6 - Záv. M12	vc= 13 m/min
		N12 - Fr. 16 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
160	Kontrola Kontrolovat všechny rozměry dle výkresu.		

Tab. 16: Výrobní postup navrhované varianty I

Časy operací na jednotlivých strojích navrhovaného výrobního postupu byly pro účely výpočtu celkových nákladů vypočteny:

- Pro operaci 10 čas operace 6 minut.
- Pro operaci 20 čas 21,5 minut.
- Pro operace 30-130 celkový čas 65 minut.
- Pro operaci 140 čas 3,5 minuty.
- Pro operaci 150 čas 12 minut.

3.4 Kalkulace nákladů navrhované varianty I

Hodinové sazby použitých strojů:

Hodinové sazby daných strojů při navrhované variantě jsou obdobné jako při stávajícím způsobu a obsahují také jak samotnou mzdu obsluhy stroje, ale také náklady na nástroje, výrobní režie a jiné. Spadá zde mimo jiné taky ostření monolitních nástrojů, ale také náklady spojené s výměnou VBD.

Náklady na konstrukci a výrobu přípravků neuvádíme a zanedbáváme.

STROJ	HODINOVÁ SAZBA
Pilous	300,- Kč/hod
FCR 50	350,- Kč/hod
TOS FB 32 H	350,-Kč/hod
Akira	600,- Kč/hod
Vrtačka	300,-Kč/hod

Tab. 17: Hodinové sazby strojů použitých v navrhované variantě I

Cena materiálu:

Váha polotovaru 4HR 100x100 – 504 – dle výpočtů v programu SolidWorks = **39,5 kg/2= 19,75=> $m_p = 19,75$ kg**

Cena materiálu za 1 kg: $c_m = 18,-$ Kč/kg

$$c_p = m_p * c_m = 19,75 * 18 \Rightarrow c_p = 356 \text{ Kč} \quad (3.1)$$

Cena polotovaru: $c_p = 356$ Kč/ks

c_p cena polotovaru

m_p váha polotovaru

c_m cena 1 kg materiálu

Procentuální využití materiálu:

Váha polotovaru: $m_p = 19,75$ kg

Čistá váha obrobku: $m_o = 6,12$ kg

$$k_m = \frac{m_p}{m_o} = \frac{6,12}{19,75} * 100 = 30,9 \Rightarrow 31\% \quad (3.2)$$

k_m využití materiálu

m_p váha polotovaru

m_o čistá váha obrobku

Využití materiálu při navrhované variantě výrobního postupu výroby se rovná **31%**.

Dělení – stroj Pilous:

Manipulace	Řezání	Čas celkem	Hod. sazba pilky	N_d [Kč]
1 min	5 min	t _p = 6 min	HSp = 300,-Kč/hod	N_d = 30,-Kč/ks

Tab. 18: Dělení materiálu navrhované varianty I

$$N_d = \frac{HSp}{60} * t_p = \frac{300}{60} * 6 = 30, -Kč/ks \quad (3.3)$$

N_d náklady na dělení

HSp hodinová sazba pilky

t_p čas řezání na pilce

Frézování– stroj FCR 50:

Manipulace	Frézování 1 strany	Čas celkem	Hod. sazba	N_{f3} [Kč]
1,5 min	20 min	t _{f3} = 21,5 min	HS _{f3} = 350,-Kč/hod	N_{f3} = 125,-Kč/ks

Tab. 19: Frézování na stroji FCR 50 navrhované varianty I

$$N_{f3} = \frac{HS_{f3}}{60} * t_{f3} = \frac{350}{60} * 21,5 = 125, -Kč/ks \quad (3.4)$$

N_{f3} náklady frézování na stroji FCR 50

HS_{f3}hodinová sazba stroje FCR 50

t_{f3}čas frézování stroje FCR 50

Podélné řezání – stroj TOS FB 32 H:

Manipulace	Řezání	Čas celkem	Hod. sazba	N_{f4} [Kč]
4 min	35 min	t _{f4} = 39 min	HS _{f4} = 350,-Kč/hod	N_{f4} = 228,-Kč/ks

Tab. 20: Podélné řezání na stroji TOS FB 32 H

$$N_{f4} = \frac{HS_{f4}}{60} * t_{f4} = \frac{350}{60} * 39 = 228, -Kč/ks \quad (3.5)$$

N_{f4} náklady na podélné dělení na stroji TOS FB 32 H

HS_{f4} hodinová sazba stroje TOS FB 32 H

t_{f4} čas podélného řezání stroje TOS FB 32 H

4.osé frézování – stroj Akira:

Manipulace	Frézování	Čas celkem	Hod. sazba	N_{f2} [Kč]
3 min	62 min	$t_{f2} = 65$ min	$HS_{f1} = 600, -Kč/hod$	$N_{f2} = 650, -Kč/ks$

Tab. 21: 4. osé frézování navrhované varianty I

$$N_{f2} = \frac{HS_{f1}}{60} * t_{f2} = \frac{600}{60} * 65 = 650, -Kč/ks \quad (3.6)$$

N_{f2} náklady na 4. osé frézování

HS_{f1} hodinová sazba CNC frézky Akira

t_{f2} čas frézování na stroji Akira

Převrtání závitů M10 – stroj vrtačka Proma B-1850FP/400:

Manipulace	Vrtání	Čas celkem	Hod. sazba	N_v [Kč]
1,5 min	2 min	$t_v = 3,5$ min	$HS_v = 300, -Kč/hod$	$N_v = 18, -Kč/ks$

Tab. 22: Převrtání závitů M10 na stroji Proma B-1850FP/400 navrhované varianty I

$$N_v = \frac{HS_v}{60} * t_v = \frac{300}{60} * 3,5 = 18, -Kč/ks \quad (3.7)$$

N_v náklady na vrtání

HS_v hodinová sazba Vrtačky Proma B-1850FP/400

t_v čas vrtání

Frézování čel – stroj Akira:

Manipulace	Frézování	Čas celkem	Hod. sazba	N_{f2} [Kč]
4 min	2x 4 min	$t_{f1} = 12$ min	$HS_{f1} = 600,-\text{Kč/hod}$	$N_{f2} = 120,-\text{Kč/ks}$

Tab. 23: Frézování čel navrhované varianty I

$$N_{f1} = \frac{HS_{f1}}{60} * t_{f1} = \frac{600}{60} * 12 = 120, -\text{Kč/ks} \quad (3.8)$$

N_{f1} náklady na frézování čel

HS_{f1} hodinová sazba CNC frézky Akira

t_{f1} čas frézování čel

Odjehlení a kontrola:

- V kalkulaci navrhované varianty I se náklady na odjehlení a kontrolu zanedbávají vzhledem k velkému strojnímu času na stroji Akira. Dané operace bude provádět obsluha při procesu obrábění jako je to při stávajícím způsobu výroby.

Celková cena při navrhovaném řešení technologického postupu včetně materiálu:

Materiál	Řezání	Frézování	Podélné řezání	4.osé frézování	Vrtání	Frézování čel
$c_p = 356,-\text{Kč}$	$N_d = 30,-\text{Kč}$	$N_{f3} = 125,-\text{Kč}$	$N_{f4} = 228,-\text{Kč}$	$N_{f2} = 650,-\text{Kč}$	$N_v = 18,-\text{Kč}$	$N_{f1} = 120,-\text{Kč}$

Tab. 24: Celkové náklady navrhované varianty I

$$N_c = c_p + N_d + N_{f3} + N_{f4} + N_{f2} + N_v + N_{f1} \quad (3.9)$$

$$N_c = 356 + 30 + 125 + 228 + 650 + 18 + 120 = 1527$$

$$\Rightarrow N_c = 1527, -\text{Kč/ks}$$

N_c celkové náklady výroby

Celková cena výroby navrhovaným způsobem je 1527,-Kč/ks.

4. NAVRHOVANÝ VÝROBNÍ POSTUP II

Navrhovaná druhá varianta výrobního postupu je obdobná výrobnímu postupu první navrhované varianty. Upnutí součásti včetně navrhovaných přípravků je také totožné s první variantou.

Nástroje s doporučenými řeznými podmínkami a přípravky potřebné ke zhotovení součásti jsou stejné s první variantou výrobního postupu a jsou podrobně popsány v kapitole 3.1.

Vzhledem k poměrně dlouhému času řezání v první variantě výrobního postupu, byla zvolena varianta výroby dílce bez podélného řezání. Z tohoto důvodu jsou stroje použité v druhé navrhované variantě téměř stejné jako při prvním návrhu, ovšem bez stroje TOS FB 32 H, na kterém se provádělo podélné řezání.

Stroje v TP druhé navrhované varianty (Tab. 26) jsou označeny dle následující tabulky.

Označení stroje	Navrhovaný stroj
S1	Pilous
S3	FCR 50
S2	Akira
S5	Vrtačka

Tab. 25: Stroje použité v navrhované variantě II

Z důvodu, že polotovar ve druhé variantě technologického postupu již nebude podélně dělen, je jako polotovar zvolena válcovaná tyč PLO 90x50-504 jako při stávajícím způsobu výroby.

4.1 Technologický postup navrhované varianty II

V navrhovaném technologickém postupu II (Tab. 26), jsou opracovávány plochy označeny stejným způsobem jako při stávajícím způsobu výroby a navrhované variantě I. Detailní zobrazení jednotlivých ploch je v kapitole 2.3.3.

V prvním sloupci tabulky č. 16 je znázorněno číslo operace / stroj použitý pro danou operaci. Stroje použité při navrhovaném způsobu výroby viz Tab. 25.

Nástroje použité pro danou operaci jsou ve třetím sloupci. Označení nástrojů včetně jejich doporučených řezných podmínek je v kapitole 2.2.

Součástí technologického postupu jsou i použité řezné podmínky při provádění dané operace, které jsou vypsány ve čtvrtém sloupci.

Č./STR.	OPERACE	NÁSTROJ	POUŽITÉ ŘEZNÉ PODMÍNKY
10/S1	Řezání Řezat na L= 504 mm. Hrany odjehlit.		
20/S3	Frézování plochy P2 Upnout do úhlového svěráku, hrubování plochy P2 (N16), frézování plochy P2 na čisto (N17), frézovat drážku 30H8 do hloubky 3 mm (N18), vrtání 3x díra 8,5 do hloubky 13mm (N15), válcovat 3 x závit M10 (N15), vrtat 3x díra 11 mm (N11). Kontrola rozměru 30H8 měrkami, závity kalibrem.	N16 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 220 m/min, fz= 0,15 mm, ap=3 mm
		N17 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 230 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N18 - Fr. 20 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,07 mm, ap= 1,5 mm
		N15 - Vrt. 8,5 mm	vc= 80 m/min, f= 0,10 mm/ot
		N15 - Záv. M10	vc= 10 m/min
		N11 - Vrt. 11 mm	vc= 90 m/min, f= 0,13 mm/ot
30	Upnutí na 4. osu Nasunout na čep pr.11 mm, spojit pomocí 3 šroubů M10.		

40/S2	Frézování plochy P1 Hrubování plochy P1 (N7), frézování plochy P1 na čisto (N8), frézování 2x drážka 12 mm do hl. 4 mm (N10), frézovat drážku 14 mm do hl. 30mm (N11).	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 220 m/min, fz= 0,15 mm, ap=3 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 230 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N10 - Fr. 12 mm	vc= 90 m/min, fz= 0,04 mm, ap= 1 mm
		N11 - Fr. 14 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,05 mm, ap= 1,5 mm
50/S2	Frézování plochy P3 Hrubování plochy P3 (N7), frézování plochy na čisto (N8), frézování 2x krajní vybrání 41 mm do hl. 21,5 mm (N9), vrtat 4x pr.5mm do hl. 18 mm (N1), 4x závity M6 do hl. 15mm (N5). Kontrola závitů kalibrem.	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 220 m/min, fz= 0,15 mm, ap=3 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 230 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N9 - Fr. 30 mm	vc= 130 m/min, fz= 0,15 mm, ap= 2 mm
		N1 - Vrt. 5 mm	vc= 80 m/min, f= 0,10 mm/ot
		N5 - Záv. M6	vc= 10 m/min
60/S2	Frézování kapsy K1 Frézovat 3x kapsu 34 mm (N12), frézovat drážku 14 mm do hl. 30mm (N11).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
		N11 - Fr. 14 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,05 mm, ap= 1 mm
70/S2	Frézování plochy P4 Hrubování plochy P4 (N7), frézování plochy P4 na čisto (N8), frézování 3x drážky 22 mm do hl. 4 mm (N12), vrtání 6x díra pr. 7mm (N2).	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 220 m/min, fz= 0,15 mm, ap=3 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 230 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
		N2 - Vrt. 7 mm	vc= 80 m/min, f= 0,13 mm/ot
80/S2	Frézování kapsy K2 Frézovat 3x drážku 16 mm do hl. 11 mm (N12).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 120 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm

90/S2	Frézování kapsy K3 Frézovat 6x kapsu 28 mm (N12), frézovat zahloubení pr. 26 mm do hl. 2 mm (N12).	N12 - Fr. 16 mm	vc= 110 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
100/S2	Frézování zahloubení kapsy K3 Frézovat zahloubení pr. 17 mm do hloubky 4 mm (N10).	N10 - Fr. 12 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,04 mm, ap= 1 mm
110	Odjehlení Všechny hrany zbavit otřepů, ostré hrany zkosit, kromě rozměru 12,9 +/- 0,05mm.		
120/S5	Vrtání Převrtat 3x závity M10 na díry pr. 11 mm	N19 – Vrt. 11 mm	vc= 80 m/min, f= 0,20 mm/ot
150/S2	Frézování čel (Plocha P5) Upnout do svěráku na výšku, hrubování plochy P5 (N7), frézovat plochu P5 na čisto (N8), vrtat 2x díru pr. 10 do hl. 32 mm (N3), válcovat závity M12 do hl. 25 mm (N6), frézovat osazení dle NC programu (N12). Otočit, a operace opakovat na protějším čele obrobku. Kontrola závitů kalibrem.	N7 - Fr. 63 mm-hr.	vc= 220 m/min, fz= 0,15 mm, ap=3 mm
		N8 - Fr. 63 mm-dok.	vc= 230 m/min, fz= 0,25 mm, ap= 0,5 mm
		N3 - Vrt. 10 mm	vc= 90 m/min, f= 0,18 mm/ot
		N6 - Záv. M12	vc= 13 m/min
		N12 - Fr. 16 mm	vc= 100 m/min, fz= 0,06 mm, ap= 1 mm
160	Kontrola Kontrolovat všechny rozměry dle výkresu.		

Tab. 26: Technologický postup navrhované varianty II

Časy operací na jednotlivých strojích navrhovaného výrobního postupu II byly pro účely výpočtu celkových nákladů vypočteny:

- pro operaci 10 čas operace 6 minut,
- pro operaci 20 čas 21,5 minut,
- pro operace 30-130 celkový čas 65 minut,
- pro operaci 140 čas 3,5 minuty,
- pro operaci 150 čas 12 minut.

4.2 Kalkulace nákladů navrhované varianty II

Hodinové sazby použitých strojů:

Systém stanovení hodinové sazby jednotlivých strojů zůstává totožný jako při stávajícím stavu a první navrhované variantě. Součástí hodinové sazby je hodinová mzda obsluhy stroje, náklady na nástroje, výměna VBD, ostření nástrojů a jiné.

Náklady na konstrukci a výrobu přípravků neuvádíme a zanedbáváme.

STROJ	HODINOVÁ SAZBA
Pilous	300,- Kč/hod
FCR 50	350,- Kč/hod
Akira	600,- Kč/hod
Vrtačka	300,-Kč/hod

Tab. 27: Hodinové sazby strojů použitých v navrhované variantě II

Cena materiálu:

Váha polotovaru PLO 90x50 – 504 – dle výpočtů v programu SolidWorks = **17,8 kg**

Cena materiálu za 1 kg: $c_m = 18,5,- \text{ Kč/kg}$

$$c_p = m_p * c_m = 17,8 * 18,5 \Rightarrow c_p = 330 \text{ Kč} \quad (4.1)$$

Cena polotovaru: $c_p = 330 \text{ Kč/ks}$

c_p cena polotovaru

m_p váha polotovaru

c_m cena 1 kg materiálu

Procentuální využití materiálu:

Váha polotovaru: $m_p = 17,8 \text{ kg}$

Čistá váha obrobku: $m_o = 6,12 \text{ kg}$

$$k_m = \frac{m_p}{m_o} = \frac{6,12}{17,8} * 100 = 34,4 \Rightarrow 34,4\% \quad (4.2)$$

k_m využití materiálu

m_p váha polotovaru

m_o čistá váha obrobku

Využití materiálu u navrhované varianty II se rovná 34,4%.

Dělení – stroj Pilous:

Manipulace	Řezání	Čas celkem	Hod. sazba	N_d [Kč]
1 min	4 min	$t_p = 5 \text{ min}$	$HS_p = 300, -\text{Kč/hod}$	$N_d = 25, -\text{Kč/ks}$

Tab. 28: Dělení materiálu navrhované varianty II

$$N_d = \frac{HS_p}{60} * t_p = \frac{300}{60} * 5 = 25, -\text{Kč/ks} \quad (4.3)$$

N_d náklady na dělení

HS_p hodinová sazba pilky

t_p čas řezání na pilce

Frézování – stroj FCR50:

Manipulace	Frézování	Čas celkem	Hod. sazba	N_{f3} [Kč]
1,5 min	38 min	$t_{f3} = 39,5 \text{ min}$	$HS_{f3} = 350, -\text{Kč/hod}$	$N_{f3} = 230, -\text{Kč/ks}$

Tab. 29: Frézování na stroji FCR 50 navrhované varianty II

$$N_{f3} = \frac{HS_{f3}}{60} * t_{f3} = \frac{350}{60} * 39,5 = 230, -\text{Kč/ks} \quad (4.4)$$

N_{f3} náklady frézování na stroji FCR 50

HS_{f3} hodinová sazba stroje FCR 50

t_{f3} čas frézování stroje FCR 50

4.osé frézování – stroj Akira:

Manipulace	Frézování	Čas celkem	Hod. sazba	N_{f2} [Kč]
3 min	56 min	$t_{f2} = 59$ min	$HS_{f1} = 600,-Kč/hod$	$N_{f2} = 590,-Kč/ks$

Tab. 30: 4. osé frézování navrhované varianty II

$$N_{f2} = \frac{HS_{f1}}{60} * t_{f2} = \frac{600}{60} * 59 = 590, -Kč/ks \quad (4.5)$$

N_{f2} náklady na 4. osé frézování

HS_{f1} hodinová sazba CNC frézky Akira

t_{f2} čas frézování na stroji Akira

Převrtání závitů M10 – stroj vrtačka B-1850FP/400:

Manipulace	Vrtání	Čas celkem	Hod. sazba	N_v [Kč]
1,5 min	2 min	$t_v = 3,5$ min	$HS_v = 300,-Kč/hod$	$N_v = 18,-Kč/ks$

Tab. 31: Převrtání závitů M10 na stroji Proma B-1850FP/400 navrhované varianty II

$$N_v = \frac{HS_v}{60} * t_v = \frac{300}{60} * 3,5 = 18, -Kč/ks \quad (4.6)$$

N_v náklady na vrtání

HS_v hodinová sazba Vrtačky Proma B-1850FP/400

t_v čas vrtání

Frézování čel – stroj Akira:

Manipulace	Frézování	Čas celkem	Hod. sazba	N_{f1} [Kč]
4 min	2x 4 min	$t_{f1} = 12$ min	$HS_{f1} = 600,-Kč/hod$	$N_{f1} = 120,-Kč/ks$

Tab. 32: Frézování čel navrhované varianty II

$$N_{f1} = \frac{HS_{f1}}{60} * t_{f1} = \frac{600}{60} * 12 = 120, -Kč/ks \quad (4.7)$$

N_{f1} náklady na frézování čel

HS_{f1} hodinová sazba CNC frézky Akira

t_{f1} čas frézování čel

Odjehlení a kontrola:

I při druhé navrhované variantě se v kalkulaci objevují nulové náklady na odjehlení a kontrolu, jelikož díky velkému strojnímu času provádí dané úkony obsluha souvisle s obráběním.

Celková cena při navrhovaném řešení technologického postupu včetně materiálu:

Materiál	Řezání	Frézování	4.osé frézování	Vrtání	Frézování čel
$c_p = 330,-Kč$	$N_d = 25,-Kč$	$N_{f3} = 230,-Kč$	$N_{f2} = 590,-Kč$	$N_v = 18,- Kč$	$N_{f1} = 120,-Kč$

Tab. 33: Celkové náklady navrhované varianty I

$$N_c = c_p + N_d + N_{f3} + N_{f2} + N_v + N_{f1} \quad (4.8)$$

$$N_c = 330 + 25 + 230 + 590 + 18 + 120 = 1527$$

$$\Rightarrow N_c = 1527,- K\check{c}/ks$$

N_c celkové náklady výroby

Celková cena výroby navrhovaným způsobem je 1313,-Kč/ks.

5. POROVNÁNÍ NAVRHOVANÝCH VARIANT

Jednotlivé porovnání stávajícího stavu s navrhovanými variantami jsou pro přehlednost detailně rozepsány v následující tabulce.

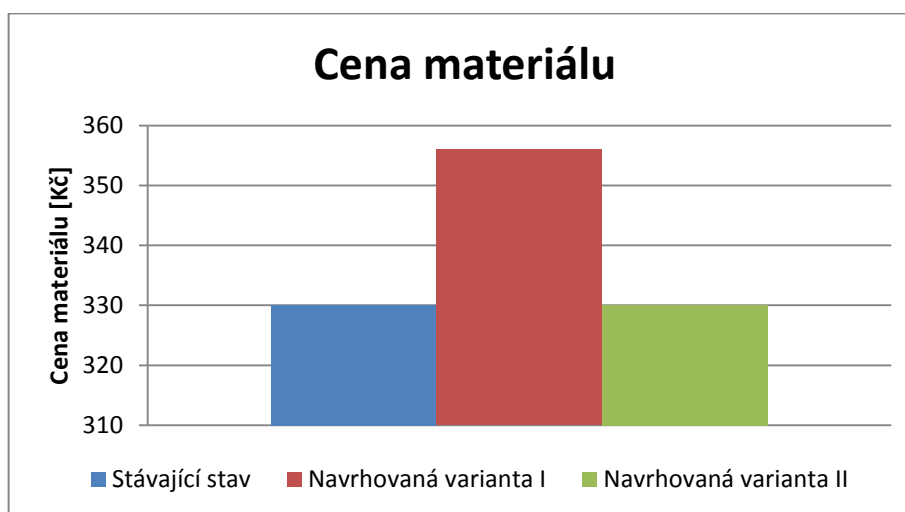
HLEDISKO POROVNÁNÍ	STÁVAJÍCÍ STAV	VARIANTA I	VARIANTA II
Cena materiálu	330,- Kč	356,- Kč	330,- Kč
Využití materiálu	34,4%	31%	34,4%
Strojní čas na stroji Akira	105 minut	77 minut	71 minut
Výrobní náklady	1405,- Kč/ks	1527,- Kč/ks	1313,- Kč/ks

Tab. 34: Porovnání navrhovaných variant se stávajícím způsobem výroby

Pro porovnání jednotlivých navrhovaných variant se stávajícím způsobem byly vybrány celkem čtyři hlediska porovnání, které jsou níže graficky znázorněny.

Porovnání z hlediska ceny materiálu:

Cena materiálu je u navrhovaných variant odlišná především z důvodu, že je využíváno rozdílných polotovarů.

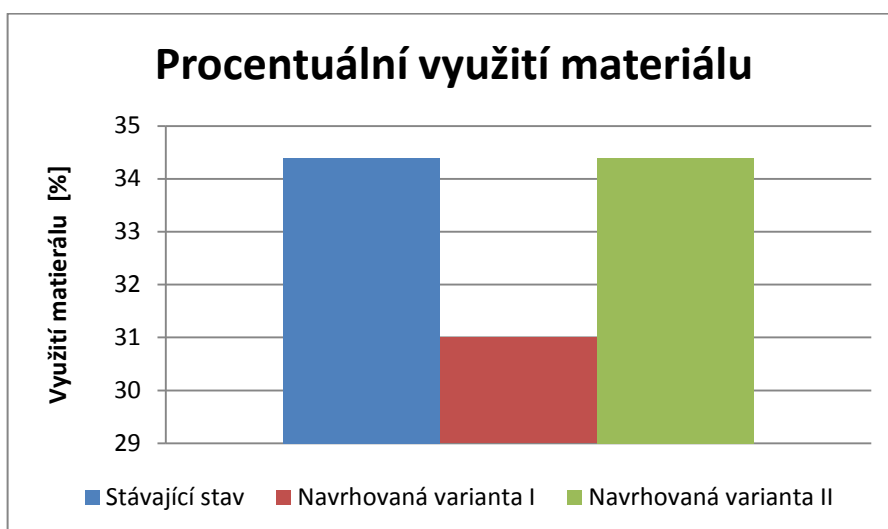


Obr. 19: Graf porovnání ceny materiálu

Z grafu (Obr. 19) je názorně vidět, že u navrhované varianty II je cena materiálu totožná s cenou materiálu při stávajícím způsobu výroby, což je zapříčiněno zvolením polotovaru stejných rozměrů. Z hlediska ceny je ekonomicky výhodnější zvolení navrhované varianty II, kdy cena je příznivější o více jak 25,- Kč na 1 kus.

Porovnání z hlediska využití materiálu:

Z důvodu zvolení odlišných polotovarů, bude i využití materiálu u navrhovaných variant rozdílné.

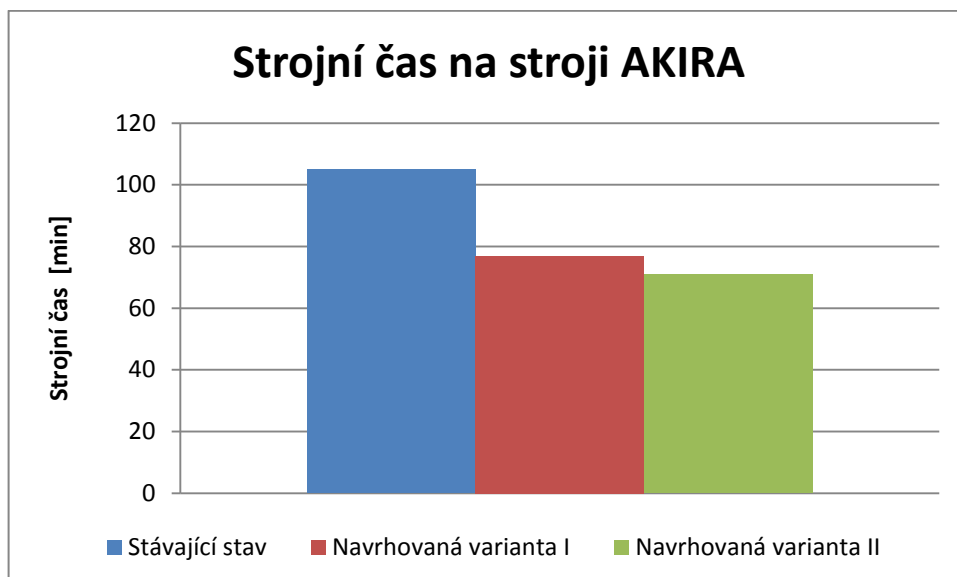


Obr. 20: Graf porovnání procentuálního využití materiálu

Dle Obr. 20 vyšlo využití materiálu dle výpočtů vyšší u navrhované varianty II, u které se počítá s polotovarem stejným jako u stávajícího stavu výroby. U první varianty se vzhledem k téměř trojúhelníkovému průřezu součásti volí varianta podélného řezání polotovaru s čtvercovým průřezem. Jako ideální polotovar vyšla tyč plochá PLO 100x90, kdy po řezání by vznikly dva odlišné kusy, což je pro další obrábění nepříznivým vlivem. Z tohoto důvodu byl zvolen větší polotovar 4HR 100x100, a tím je využití materiálu u první varianty nižší, než u varianty druhé.

Porovnání z hlediska strojního času na stroji AKIRA:

Mezi další hlediska porovnání byl zvolen strojní čas na stroji Akira, jelikož firma má v současnosti plné výrobní kapacity a každé uvolnění kapacit může znamenat pro firmu možnost rozšířit produkci a zvýšit zisky.



Obr. 21: Graf porovnání strojního času na stroji Akira

Dle Obr. 21 strojní čas u obou navrhovaných variant vyšel kratší než při stávajícím způsobu výroby, což je důsledkem rozložení výroby na více strojů. Strojní čas vyšel příznivěji o 6 minut u varianty II oproti variantě I i díky upraveným řezným podmínkám nástrojů.

Porovnání z hlediska celkových nákladů na výrobu:

Hledisko porovnání celkových nákladů je nejdůležitějším faktorem k posouzení efektivnosti navrhovaných variant.



Obr. 22: Graf porovnání celkových nákladů

U navrhované varianty I jsou náklady výrazně vyšší, především v poměrně dlouhém čase podélného dělení polotovaru. U navrhované varianty I jsou náklady na výrobu nižší než u varianty II, a také nižší než při stávajícím způsobu výroby.

Celkové náklady stávajícího stavu výroby: $N_c = 1405,- \text{ Kč}$

Celkové náklady navrhované varianty II: $N_c = 1313,- \text{ Kč}$

Rozdíl nákladů navrhované varianty II oproti stávajícímu způsobu: **1405-1313=92,-Kč**

Úspora nákladů při výrobní dávce 100 ks: **9200,- Kč**

6. ZÁVĚR

V této diplomové práci s cílem optimalizace výrobního postupu byla pro účel zvolena součást s pracovním názvem trámec. Jedná se o držák drtících nožů štěpkovacího stroje, který je náročný na výrobu, vzhledem k velkým požadavkům na tvarovou a rozměrovou přesnost.

První část diplomové práce se zabývala stručným představením firmy Ing. Jiří Pavla, stručnou historií společnosti včetně aktuálního strojního vybavení firmy.

Ve druhé části byl detailně popsán stávající způsob výroby včetně výhod a nevýhod stávajícího způsobu. Jako hlavní výhoda stávajícího způsobu byla minimální manipulace materiálu mezi pracovišti. Hlavní nevýhodou bylo především malé využití materiálu, ale také malá tuhost sestavy, kdy při obrábění se obrobek pružně deformoval, a rozměry nebyly v daném tolerančním poli. Následně ve druhé části diplomové práce je detailně popsána soustava stroj-nástroj-obrobek-přípravek stávajícího stavu včetně kalkulace celkových nákladů výroby.

V následujících částech diplomové práce byly popsány dvě navrhované varianty optimalizace stávajícího technologického postupu, které jsou navrženy k eliminaci nepříznivých vlivů na výrobu stávajícího způsobu výroby.

Při první navrhované variantě byla navržena vzhledem k téměř trojúhelníkovému průřezu součásti varianta podélného řezání ke zvýšení využití materiálu. Pro zvýšení tuhosti sestavy při obrábění byla pro upínání na 4. osu navržena tyč průměru 100 mm.

Druhá navrhovaná varianta byla navržena téměř totožná variantě I, ovšem bez podélného řezání z důvodu poměrně dlouhého času řezání.

V závěrečné části diplomové práci byly porovnány navrhované varianty se stávajícím způsobem výroby dle různých hledisek.

Po ekonomickém zhodnocení vyšla jako nejefektivnější varianta II, při využití této varianty se ušetří oproti stávajícímu způsobu celkem 92,- Kč, což při výrobní dávce 100 ks činí 9200,-.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Magnetické systémy společnosti SAV Czech* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.sav-czech.cz/bremenove-magnety-zvedaci-magnety.k.aspx>
- [2] CNC obrábění kovů. *Pavela.eu* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.pavela.eu/vyroba-stroju-a-zarizeni/cnc-obrabeni-kovu>
- [3] Macmatic. *Macmatic.cz* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.macmatic.cz/component/phocagallery/22-vertikalni-frezovaci-centrum-akira-seiki-sv1350/detail/134-pridavna-ctvrta-osa>.
- [4] *Přehled vlastností materiálu C45* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: [HTTP://WWW.BOLZANO.CZ/CZ/TECHNICKA-PODPORA/TECHNICKA-PRIRUCKA/TYCOVE-OCALI-UHLIKOVE-KONSTRUKCNI-A-LEGOVANE/OCALI-K-ZUSLECHTOVANI-PODLE-EN-10083-1/PREHLED-VLASTNOSTI-OCALI-C45](http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/oceli-k-zuslechtovani-podle-en-10083-1/prehled-vlastnosti-oceli-c45)
- [5] PILANA Market. *Pilanamarket.cz* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.pilanamarket.cz/pilove-kotouce-2/pilove-kotouce-na-kov/>
- [6] *MAV: KATALOG VRTÁNÍ PRAMET* [ONLINE]. [CIT. 2017-05-15]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.MAV.CZ/DATA/KATALOG/K_OTVORY_PRAMET.PDF](http://www.mav.cz/data/katalog/k_otvory_pramet.pdf)
- [7] *MAV: DORMER TVÁŘECÍ ZÁVITNÍKY* [ONLINE]. [CIT. 2017-05-15]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.MAV.CZ/DORMER/TVARECI_ZAVITNIKY.PDF](http://www.mav.cz/dormer/tvareci_zavitniky.pdf)

[8] *PALBIT: CUTTING TOOLS* [ONLINE]. [CIT. 2017-05-15]. DOSTUPNÉ Z: [HTTP://WWW.PALBIT.PT/EN/PRODUCTS.7/CUTTING-TOOLS.813/DOWNLOADS.812.HTML](http://www.palbit.pt/en/products.7/cutting-tools.813/downloads.812.html)

Práce byla podpořena ze Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci projektů SP2017/147 Specifický výzkum v oblasti výrobních technologií a SP2017/149 Výzkum produktivních a ekologicky úsporných výrobních technologií s cílem zvýšit a podpořit vědecko-výzkumné aktivity studentů doktorských a navazujících magisterských studijních programů ve spolupráci s akademickými pracovníky.

8 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Výkres součástí